PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : G03F 7/00	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/67683**
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Dezember 1999 (29.12.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04246

(22) Internationales Anmeldedatum: 18. Juni 1999 (18.06.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 27 603.6 20. Juni 1998 (20.06.98) DE

(71) Anmelder *(nur für AT BE CH CY DE DK ES FI FR GR IT KR LU MC NL PT SE)*: CARL ZEISS [DE/DE]; D–73446 Oberkochen (DE).

(71) Anmelder *(nur für GB IE JP)*: CARL ZEISS STIFTUNG trading as CARL ZEISS [DE/DE]; D–89518 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: GABER, Erwin [DE/DE]; Osterholzstrasse 85, D–89522 Heidenheim (DE). WAGNER, Christian [DE/DE]; Mährenstrasse 9, D–73431 Aalen (DE). HOLDERER, Hubert [DE/DE]; Gräfinstrasse 6, D–89551 Königsbronn (DE). GERHARD, Michael [DE/DE]; Bühlstrasse 4, D–73432 Aalen (DE). MERZ, Erich [DE/DE]; Baindtstrasse 1, D–73457 Essingen (DE). BECKER, Jochen [DE/DE]; Junoweg 10, D–73447 Oberkochen (DE). SCHEIBERLICH, Arie, Cornelis [NL/NL]; Provincialeweg 38, NL–5503 HG Veldhoven (NL).

(74) Anwälte: OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, D–70597 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

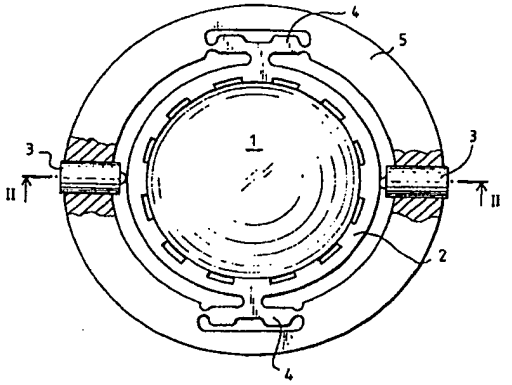
Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, ESPECIALLY A PROJECTION LIGHT FACILITY FOR MICROLITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung: OPTISCHES SYSTEM, INSBESONDERE PROJEKTIONS–BELICHTUNGSANLAGE DER MIKROLITHOGRAPHIE

(57) Abstract

The invention relates to an optical system, especially a projection light facility for microlithography, especially with an image field shaped as a slit or with non rotational symmetry illumination, comprising an optical element (1), especially a lens or a mirror, which is arranged in a mount (2) and actuators (3) which engage with the optical element (1) at least nearly perpendicular to the optical axis. The actuators (3) effect non rotational symmetric forces and/or moments deviating from the radial lines in the optical element (1) to generate curvatures with substantially no changes in thickness.



(57) Zusammenfassung

Ein optisches System, insbesondere eine Projektions–Belichtungsanlage der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, weist ein optisches Element (1), insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung (2) angeordnet ist, und Aktuatoren (3) auf, die an dem optischen Element (1) wenigstens annäherend senkrecht zur optischen Achse angreifen. Die Aktuatoren (3) bewirken nicht rotationssymmetrische und von der Radialen abweichende Kräfte und/oder Momente an dem optischen Element (1) zur Erzeugung von im wesentlichen ohne Dickenänderungen sich ergebende Verbiegungen.

BEST AVAILABLE COPY

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Optisches System, insbesondere Projektions-Belichtungsanlage der Mikrolithographie

Die Erfindung betrifft ein optisches System, insbesondere Projektions-Belichtungsanlage, der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, das ein optisches Element, insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung angeordnet ist, und Aktuatoren aufweist, die an einem Teil der Fassung und/oder an dem optischen Element angreifen.

Ein optisches System der eingangs genannten Art ist in der EP 0 678 768 A2 beschrieben. Dabei werden Step- und Scan-Prozesse eingesetzt, bei denen von einer Maske nur ein schmaler, schlitzförmiger Streifen auf einen Wafer übertragen wird. Um das gesamte Feld zu belichten, werden dabei ein Reticle und der Wafer seitlich verschoben (Scanning).

Nachteilig dabei ist jedoch, daß durch diese Schlitzgeometrie vor allem auf den wafernahen Linsen ein rotationsunsymmetrischer Beleuchtungsabdruck entsteht. Dies bedeutet, daß die durch die zwangsläufige Linsenerwärmung entstehende Temperaturverteilung auf der Linse ebenfalls rotationsunsymmetrisch ist und deshalb über den linearen Zusammenhang Brechzahl-Temperatur und thermische Ausdehnung zu Bildfehlern, wie z.B. Astigmatismus, auf der optischen Achse führt.

In der 193nm-Lithographie führt die Durchsetzung der

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Quarzglas-Linsen mit dem 193nm-Licht zu einer Volumenabnahme des Quarzglases, die monoton wachsend mit NI^2 geht. Hierbei ist N die Anzahl der Laserpulse und I die Pulsdosis. Des weiteren kommt es zu einer Brechzahlerhöhung. Da die Brechzahlzunahme die Abnahme der optischen Weglänge durch die Schrumpfung überkompensiert, ist die Folge dieses Compaction genannten Effekts eine Störung der Wellenfront. Diese führt ebenso wie eine Linsenerwärmung (Lens-Heating) zu Bildfehlern wie Astigmatismus auf der optischen Achse.

Im Gegensatz zu einer Kompensation der Linsenerwärmung gibt es für den Compaction-Effekt keine passive Kompensation. Hier müßte aktiv durch Verändern eines Linsenelements die Änderung der Wellenfront kompensiert werden. Da es in einem refraktiven Design nicht die Möglichkeit gibt, einen aktiven Spiegel einzusetzen (der Aufwand, einen zusätzlichen Spiegel zur Bildfehler-Kompensation einzuführen, scheidet im allgemeinen aus), müssen eine oder mehrere Linsen als "Stellglieder" verwendet werden. Um Astigmatismus auf der Achse zu korrigieren, scheiden Bewegungen entlang der optischen Achse sowie Dezentrierungen aus. Hiermit fallen alle translatorischen Freiheitsgrade als Möglichkeit zu einer Korrektur aus.

In der EP 0 678 768 A2 ist nun vorgeschlagen worden, eine Linse als "Stellglied" zu verwenden, um den durch eine ungleichmäßige Erwärmung der Linse erzeugten Bildfehler zu korrigieren. Hierzu ist gemäß Figur 11 vorgesehen, in radialer Richtung wirkende Kräfte auf die Linse einwirken zu lassen. Durch die auf diese Weise erzeugten Druckkräfte wird jedoch nur eine asymmetrische Dickenänderung erzeugt.

In der EP 0 660 169 A1 ist eine Projektions-Belichtungs-

anlage der Mikrolithographie beschrieben, bei der die Objektive mit Korrekturelementen versehen sind. Hierzu ist unter anderem ein Linsenpaar vorgesehen, das um die optische Achse drehbar ist. Dabei wird die Brechkraft durch die Form der Linse durch Überlagern einer zylindrischen Meniskus-Form über eine sphärische Linse geändert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein optisches System der eingangs erwähnten Art zu schaffen, bei welchem die durch die ungleichmäßige Temperaturverteilung im System zwangsläufig auftretenden Bildfehler mit einfachen Mitteln korrigiert bzw. minimiert werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Im Unterschied zum Stande der Technik werden nicht lediglich Druckkräfte erzeugt, die lediglich eine asymmetrische Dickenänderung ergeben, sondern durch die erzeugten Schubkräfte bzw. Torsion wird eine Durchbiegung des optischen Elementes, wie z.B. einer Linse, erzielt, die dabei so gewählt wird, daß die zwangsläufig auftretenden Bildfehler weitestgehend kompensiert werden. Mit den erfindungsgemäßen Aktuatoren kann ein optisches Element, wie z.B. eine Linse, gezielt um einige 100nm bis μm, deformiert werden. Auf diese Weise läßt sich beispielsweise eine Kompensation von Astigmatismus r^2 und r^4 erreichen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich die gewünschten Temperaturverteilungen mit einfachen Maßnahmen rasch und zuverlässig erreichen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn nur bestimmte Bildfehler,

z.B. Bildfehler niederer Ordnung, korrigiert werden sollen.

Ein weiterer sehr bedeutender Vorteil der Erfindung besteht darin, daß im Bedarfsfall auch "Überkompensierungen" und die zusätzliche Kompensation von Fertigungsfehlern möglich ist. Anstelle von einer Symmetrisierung von mehreren einzelnen Linsen, wie es beim Stand der Technik der Fall ist, kann man auch einzelne Linsen "überkompensieren", d.h., die Temperaturverteilung bzw. Deformation bewußt "in eine andere Richtung" unsymmetrisch machen. Auf diese Weise ergibt sich dann insgesamt gesehen eine Kompensierung des ganzen Objektives oder der Belichtungsanlage.

Bezüglich einer Kompensation von Fertigungsfehlern gibt es zwei Varianten, nämlich eine gleichzeitige Kompensation zufälliger Fertigungsfehler und ein absichtlicher Einbau eines festen Vorhalts, um die benötigten Korrekturbeträge zu halbieren.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auch eine gleichzeitige Kompensation von Lens Heating- und von Compaction-Effekten des optischen Elementes möglich.

Das erfindungsgemäße optische System läßt sich mit besonderem Vorteil in der Halbleiterlithographie einsetzen, da bei der zunehmenden Verkleinerung der abzubildenden Strukturen auftretende Bildfehler ebenfalls minimiert werden müssen.

Mit den erfindungsgemäßen Aktuatoren läßt sich gezielt ein Astigmatismus zur Kompensation des thermischen Astigmatismus und aufgrund von Compaction-Effekten in dem optischen Element, z.B. einer Linse, erzeugen.

Von Vorteil ist es auch, daß es - in Abhängigkeit von der Anordnung und Anzahl der Aktuatoren - darüber hinaus möglich ist, andere Deformationen des optischen Elementes zu erzeugen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus den nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Draufsicht auf ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 2 einen Schnitt nach der Linie II-II der Figur 1;

Figur 3 ein zweites Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 4 einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Figur 3;

Figur 5 ein drittes Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 6 einen Schnitt nach der Linie VI-VI der Figur 5;

Figur 7 einen Schnitt, ähnlich den Schnitten in den Figuren 2, 4 und 6 durch ein viertes Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 8 einen Halbschnitt durch ein fünftes Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfin-

dungsgemäßen Aktuatoren.

Figur 9 eine Teil-Draufsicht auf eine einstückige Ausgestaltung von Fassungsring und mit diesem bundenen Rahmen als Alternative zu der in Figur 8 gezeigten zweiteiligen Ausgestaltung.

Da eine Projektions-Belichtungsanlage in der Mikrolithographie allgemein bekannt ist, wird nachfolgend nur ein optisches Element daraus, nämlich eine Linse 1 beschrieben, die in einem deformierbaren Fassungsring 2 als Fassung gehalten ist. Aktuatoren 3 in Form von Stellschrauben sind in einem den Fassungsring 2 umgebenden Rahmen 5 angeordnet. Zwei sich gegenüberliegende Gelenke 4 stellen die Verbindung zwischen dem Fassungsring 2 und dem Rahmen 5 her. Zur Stabilisierung entlang der optischen Achse können gegebenenfalls weitere Gelenke 4 mit hoher Steifigkeit entlang der optischen Achse angeordnet werden. Wie aus dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, liegen sich zwei Aktuatoren 3 diametral gegenüber.

Wie aus der Figur 2 ersichtlich, weist der Fassungsring 2 eine Topfform mit offenem Boden auf, wobei die beiden Aktuatoren 3 am oberen Rand angeordnet sind und eine Radialkraft erzeugen. Die Linse 1 liegt an einem keilförmigen unteren Bodenrand des Fassungsringes 2 an, wodurch beim Aufbringen von Kräften durch die Aktuatoren 3 in Pfeilrichtung A gemäß Figur 2 Biegemomente in Pfeilrichtung B parallel zur optischen Achse auf die Linse 1 erzeugt werden. Die als Stellschrauben ausgebildeten Aktuatoren 3 können hydraulisch oder im Bedarfsfall auch auf andere Weise aktiviert werden. Wie ersichtlich, leiten sie gezielt ein Moment in den Fassungsring 2 ein, der zu einer Deformation im Sinne einer Durchbie-

gung der Linse 1 führt.

Die Figuren 3 und 4 zeigen einen Rahmen 5, wobei ebenfalls wie beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 ein Moment in einen deformierbaren Fassungsring 2 eingeleitet wird. Wie insbesondere aus der Figur 4 ersichtlich ist, liegen dabei der Rahmen 5 und der Fassungsring 2 teilweise parallel zur optischen Achse hintereinander, weshalb in diesem Falle auch die beiden sich gegenüberliegenden Aktuatoren 3 mit ihren Längsachsen parallel zur optischen Achse liegen und auf diese Weise ebenfalls parallel zur optischen Achse gerichtete Kräfte erzeugen können.

Um jeweils 90° versetzt zu den Aktuatoren 3 sind nicht näher dargestellte Fixierungs- bzw. Klemmstellen 4 zur Verbindung des Rahmens 5 mit dem Fassungsring 2 vorgesehen. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 wird dabei der Fassungsring 2 an zwei gegenüberliegenden Stellen am Rahmen 5 festgehalten und an den um 90° gedreht liegenden Stellen entlang der optischen Achse verbogen.

Das in den Figuren 5 und 6 dargestellte Ausführungsbeispiel führt zu keiner Verschiebung entlang der optischen Achse, da hier gleichzeitig an zwei gegenüberliegenden Stellen nach unten und jeweils um 90° versetzt dazu nach oben durch die entsprechend angeordneten Aktuatoren 3 gedrückt wird. Wie ersichtlich, erzeugen dabei wie beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 3 und 4 z.B. horizontal sich gegenüberliegende Aktuatoren nach unten gerichtete Biegemomente, während die vertikal sich gegenüberliegenden Aktuatoren 3 nach oben gerichtete Biegemomente an der Linse 1 erzeugen. Die Verbindung zwischen Fassungsring 2 und Rahmen 5 erfolgt durch vier Gelenke 4,

die symmetrisch am Umfang verteilt jeweils zwischen Aktuatoren 3 angeordnet sind.

Die Figur 7 zeigt im Schnitt prinzipmäßig Aktuatoren 3, die als Piezos ausgebildet sind. Dabei kann man eine größere Anzahl von Aktuatoren bzw. Piezos 3, z.B. zwanzig Stück, auf einem Ringabsatz des Rahmens 5 bzw. der Fassung 2 derart verteilen, daß sie bei deren piezoelektrischen Aktivierung entsprechend ihrer Verteilung über den Umfang bestimmte Formen von Biegemomenten auf die Linse 1 ausüben. Zur Momenteinleitung befindet sich hierzu eine keilförmige Linsenauflage 6 als Zwischenglied zwischen den Piezos 3 und der Linse 1. Durch die größere Anzahl der Piezos als Aktuatoren 3 und deren beliebige Verteilung über den Umfang lassen sich beliebige Richtungen des Astigmatismus, 3-Welligkeiten und andere Effekte, wie z.B. Zylinderlinseneffekt, herstellen und gegebenenfalls überlagern.

Figur 8 zeigt einen Teilschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel. Zu erkennen sind wiederum die Linse 1, die in einem deformierbaren Fassungsring 2 gehalten ist, sowie der den Fassungsring 2 umgebende Rahmen 5. Der Fassungsring 2 weist an seinem äußeren Umfang einen Randflansch 10 geringerer Dicke auf; der Rahmen 5 ist an seinem Innenumfang mit einem Randflansch 11 derselben Dicke versehen, derart, daß zwischen dem Fassungsring 2 und dem Rahmen 5 eine ringförmige nutartige Vertiefung entsteht.

In dieser nutartigen Vertiefung ist ein ringförmiger Aktuatorenhalter 12 eingesetzt und mit dem Randflansch 11 des Rahmens 5 verschraubt, wie dies durch das Bezugszeichen 13 angedeutet ist. Der Aktuatorenhalter 11 ist an mehreren Stellen über den Umfang verteilt, z.B. an

zwei diametral gegenüberliegenden Stellen, mit zylindrischen Aufnahmeöffnungen 14 versehen, die über eine Durchgangsbohrung 15 kleineren Durchmessers mit der Oberseite des Aktuatorenhalters 11 in Verbindung steht. Auf diese Weise entsteht zwischen der Aufnahmeöffnung 14 und der Durchgangsbohrung 15 eine ringförmige Schulter 16.

In jeder Aufnahmeöffnung 14 befindet sich ein pneumatischer Balg 3, der in diesem Ausführungsbeispiel als Aktuator dient. Die Unterseite dieses Balges 3 liegt an dem ringförmigen Flansch 10 des deformierbaren Fassungsringes 2 an; eine ringförmige obere Stirnfläche des Balges 3 liegt an der Stufe 16 zwischen Aufnahmeöffnung 14 und Durchgangsbohrung 15 des Aktuatorenhalters 11 an. Ein winkelförmiger Anschluß 17 für den Balg 3 ist durch die Durchgangsöffnung 16 hindurchgeführt und steht mit einem Schlauch 18 in Verbindung, über den unter Druck stehendes Gas zugeführt wird.

Die Druckregelung des Gases kann auf unterschiedliche Weise erfolgen:

Im einfachsten Fall ist direkt am Regelventil (nicht dargestellt) und/oder an dem Fassungsring 2 ein einfacher Gasdrucksensor angebracht, der eine Rückmeldung über den tatsächlich erreichten Gasdruck im Balg 3 an die Steuerung gibt. Alternativ kann am Fassungsring 2 ein Wegsensor (nicht dargestellt) angebracht werden, der die tatsächliche Verbiegung des Fassungsringes 2 feststellt und entsprechend an die Steuerung meldet. Dieser Wegsensor kann beispielsweise kapazitiv arbeiten.

Sowohl die Gasdruckregelung über den Gasdrucksensor als auch die Wegmessung über den Wegsensor können durch

mehrfaches Vorsehen des Sensors in ihrer Genauigkeit gesteigert werden. Beispielsweise können vier Gasdrucksensoren vorhanden sein, deren Signal in der Steuerung mit vier geeichten Gasdruckkurven, die dort abgespeichert sind und den jeweiligen Gasdruck zu der erzeugten Deformation in Beziehung setzen, korreliert wird. Entsprechend lassen sich auch vier Wegsensoren am Fassungsring 2 anordnen.

Die Verbindung zwischen dem Fassungsring 2 und dem Rahmen 5 erfolgt wiederum über gelenkartige Einrichtungen, die in den Winkelbereichen zwischen den Bälgen 3 vorgesehen sind.

Die Verbindung zwischen Fassungsring 2 und Rahmen 5 ist besonders elegant in der Ausführungsform nach Figur 9 verwirklicht. Fassungsring 2 und Rahmen 9 sind hier aus einem einheitlichen Werkstück hergestellt, das in der dargestellten Form durch Schlitze 20 funktional in die beiden Komponenten 2 und 5 unterteilt ist. Die Schlitze 20 können besipielswiese durch Elektroerosion eingebracht sein. Sie folgen weitgehend einem Kreis, dessen Mittelpunkt auf der Achse des optischen Systems liegt, und biegen an ihren benachbarten Enden geringfügig radial nach außen ab. So entstehen zwischen Fassungsring 2 und Rahmen 5 als verformbare Gelenke dienende Materialbrücken 4. Gegen die Materialbrücken 4 um 90° versetzt sind die Schlitze 20 mit radial vorspringenden Zungen 21 ausgebildet. Auf diese wirkt jeweils von der hinter der Zeichenebene liegenden Seite her ein Balg, wie er in Figur 8 dargestellt ist. Dieser Balg ist mit einem eigenen, diesmal nicht ringförmigen Aktuatorenträger in einer Tasche 22 (gestrichelt angedeutet) untergebracht, die in die hinter der Zeichenebene liegende Stirnfläche von Fassungsring 2 und Rahmen 5 eingearbeitet ist.

Die Verwendung pneumatisch betätigter Bälge 3 als Aktuatoren hat gegenüber den Ausführungsbeispielen, die weiter oben beschrieben worden sind, den Vorteil eines einfachen mechanischen Prinzips, das keine Führungen benötigt und daher weitgehend reibungs- und verschleißfrei ist, sowie den Vorteil einer hohen Verstellgeschwindigkeit.

Mit den vorstehend beschriebenen Aktuatoren ist es möglich, Linsen 1 zu einer Fassung so zu deformieren, daß Abbildungsfehler von Oberflächenfehlern anderer Linsen kompensiert werden können. Dies bedeutet, es wird an einer oder an einigen Linsen 1 eine "Überkompensation" durchgeführt. Damit wird die Abbildungsqualität des gesamten Objektivs verbessert. Außerdem können Änderungen der Brechung durch Compaction bei Quarz oder durch Erwärmung der Linse im Betrieb so kompensiert werden, daß die optische Qualität über die gesamte Lebensdauer des Objektivs gewährleistet wird.

Im allgemeinen wird man eine Linse 8 im oberen Drittel des Objektives für eine Deformation verwenden, bei der das Verhältnis von Büscheldurchmesser des Lichtbündels zu Linsendurchmesser das richtige Verhältnis von Verzeichnungs- zu Astigmatismuswirkung liefert. Außerdem ist der Feldverlauf über den Büscheldurchmesser zu manipulieren. Für eine Linse im Blendenraum ergibt sich ein Astigmatismus, der über das Bildfeld konstant ist, und keine Verzeichnungswirkung. Für eine Linse sehr nahe am Reticle ergibt sich ein Verzeichnungsanamorphismus, aber nur eine sehr geringe Astigmatismuswirkung.

Die Aktuatoren, insbesondere die Piezos sowie die pneumatischen Bälge, können mit einem Getriebe, z.B. Linear- oder Hebelgetriebe, für Unter- oder Übersetzungen versehen werden. Hierzu kann man in vorteilhafter Weise Fest-

körpergelenke einsetzen.

Patentansprüche

1. Optisches System, insbesondere Projektions-Belichtungsanlage der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, das ein optisches Element, insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung angeordnet ist, und Aktuatoren aufweist, die an dem optischen Element und/oder der Fassung angreifen,

dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) nicht rotationssymmetrische und von der Radialen abweichende Kräfte und/oder Momente an dem optischen Element (1) zur Erzeugung von im wesentlichen ohne Dickenänderungen sich ergebenden Verbiegungen bewirken.

2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) an der deformierbaren Fassung (2) des optischen Elements (1) derart angreifen, daß die Fassung (2) Schubkräfte und/oder Biegemomente an dem optischen Element (1) erzeugt.

3. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Aktuatoren (3) sich gegenüberliegend vorgesehen sind.

4. Optisches System nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) hydraulisch, mechanisch oder elektrisch betätigte Stellglieder aufweisen.

5. Optisches System nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei sich gegenüberliegende Aktuatoren (3) parallel zur optischen Achse verlaufende Schubkräfte und/oder Momente und zwei jeweils um 90° dazu versetzte Aktuatoren (3) entgegengesetzt zu diesen Schubkräften und/oder Momenten gerichtete Schubkräfte und/oder Momente erzeugen.

6. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) mit Piezos versehen sind, die direkt oder über Zwischenglieder (6) an dem optischen Element (1) angreifen.

7. Optisches System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Piezos (3) am Umfang verteilt auf einem Ringabsatz der Fassung bzw. eines Rahmens (5) derart angeordnet sind, daß die Piezos (3) wenigstens annähernd parallel zur optischen Achse gerichtete Schubkräfte und/oder Momente erzeugen.

8. Optisches System nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Piezos (3) und dem optischen Element (1) eine Linsenauflage (6) angeordnet ist.

9. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenauflage (6) wenigstens annähernd keilförmig ausgebildet ist.

10. Optisches System nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren Getriebe, vorzugsweise mit Festkörpergelenken, aufweisen.

11. Optisches System nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die

Aktuatoren (3) mit pneumatischen Bälgen versehen sind, die direkt oder über Zwischenglieder an dem optischen Element angreifen.

FIG. 1

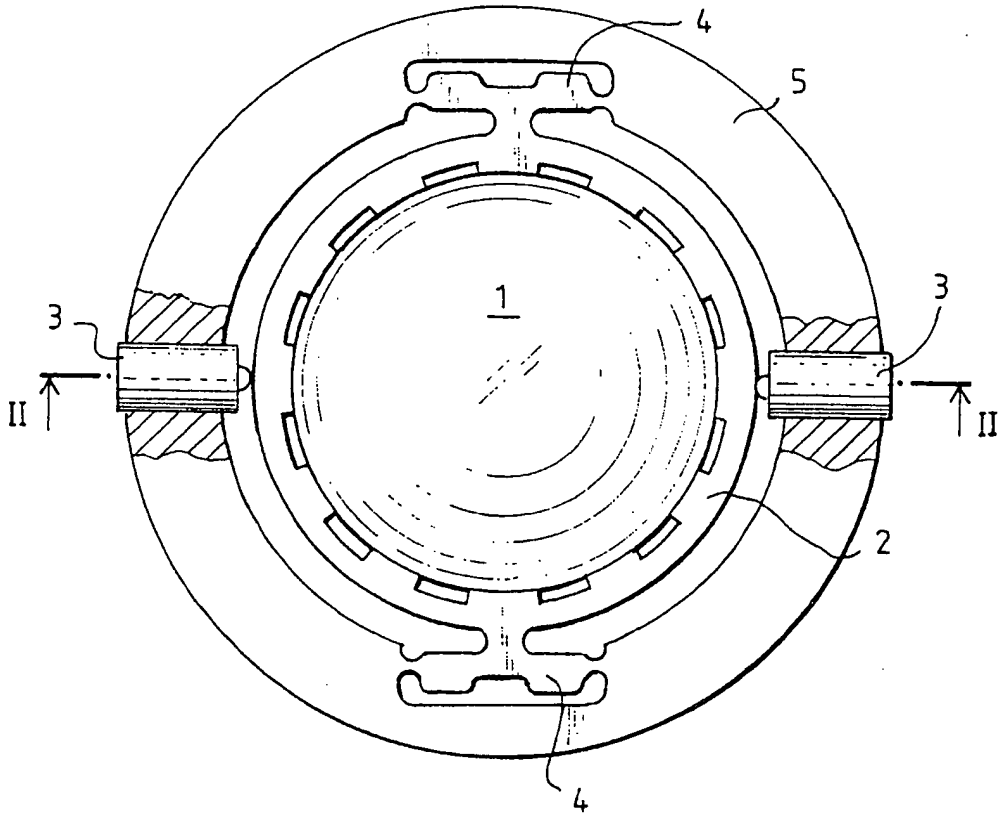


FIG. 2

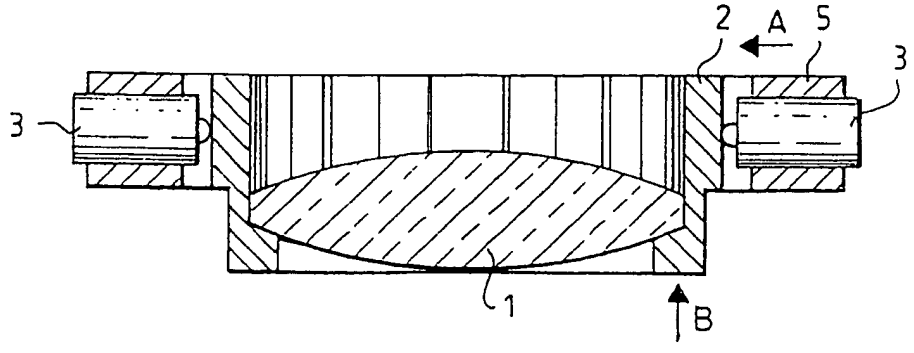


FIG. 3

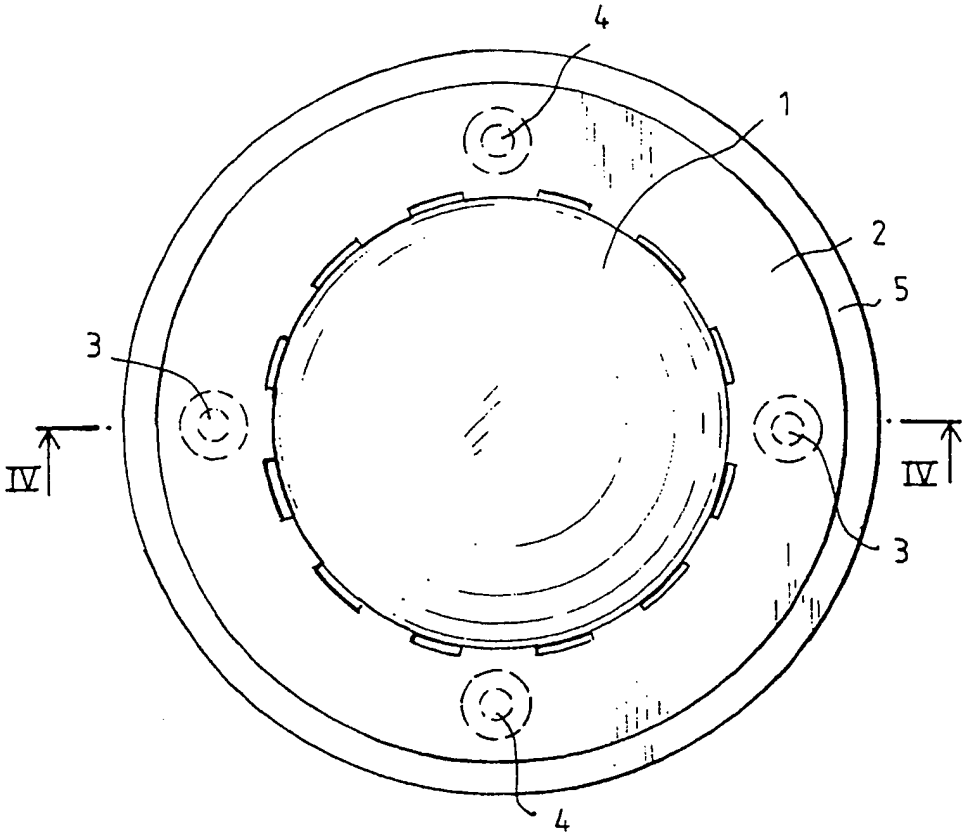


FIG. 4

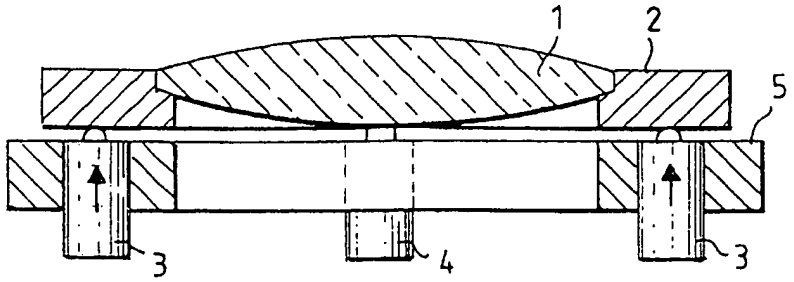


FIG. 5

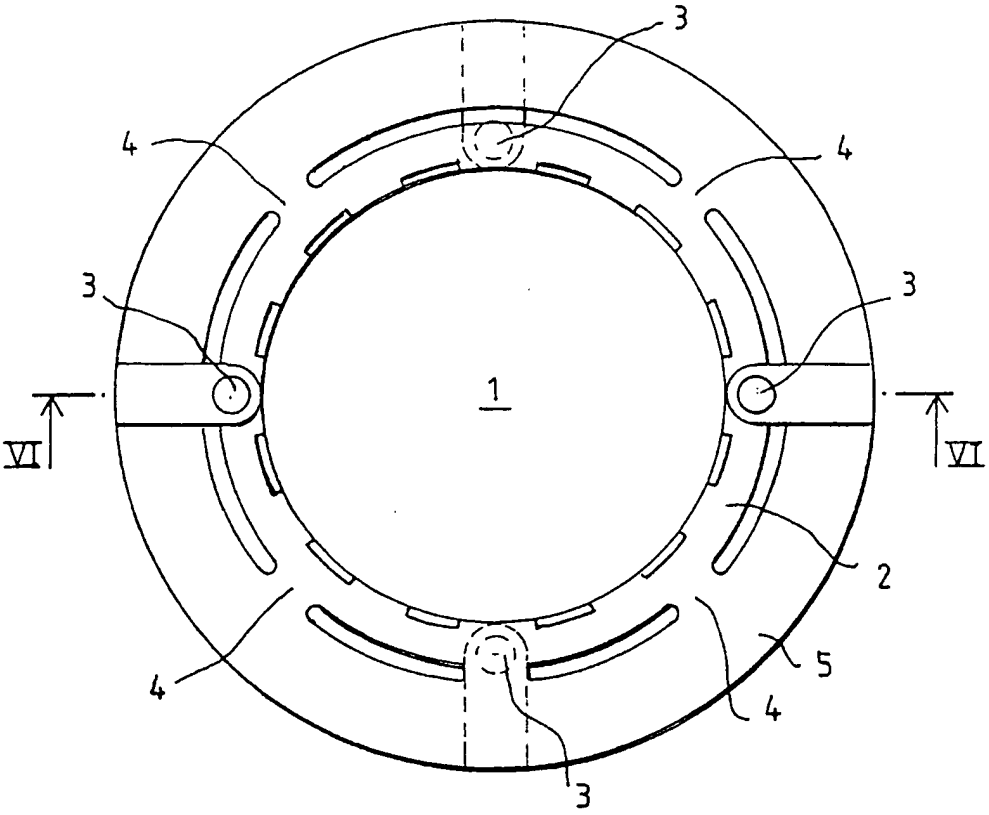


FIG. 6

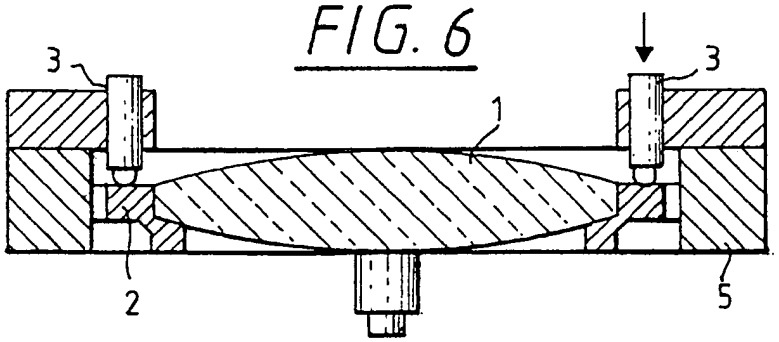


FIG. 7

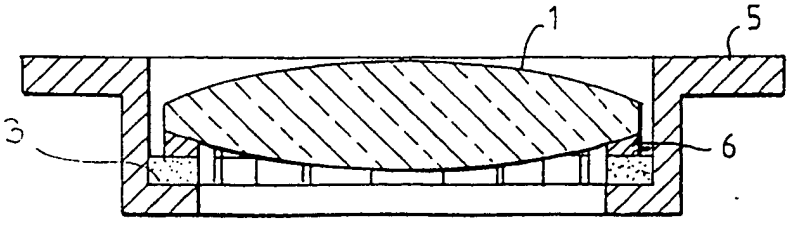


FIG.8

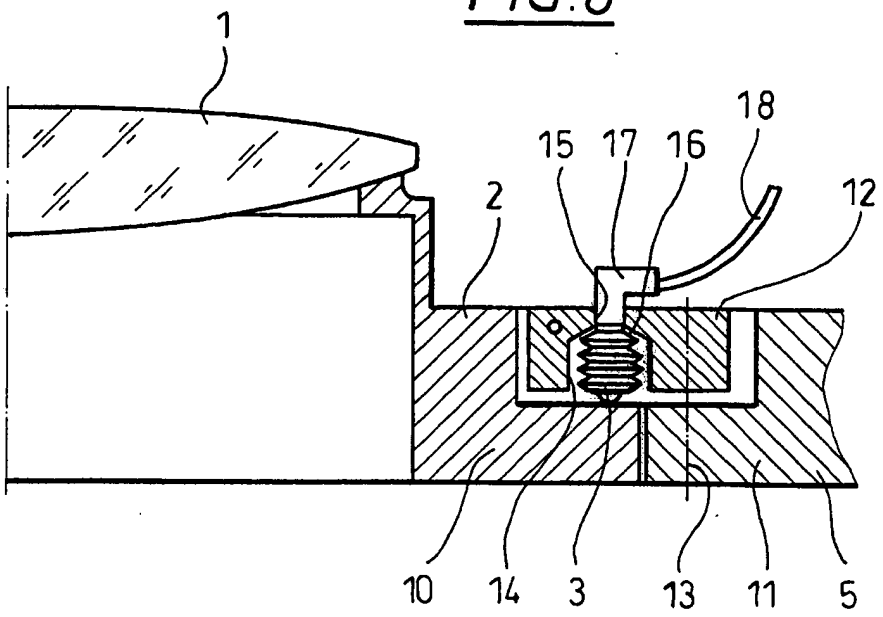
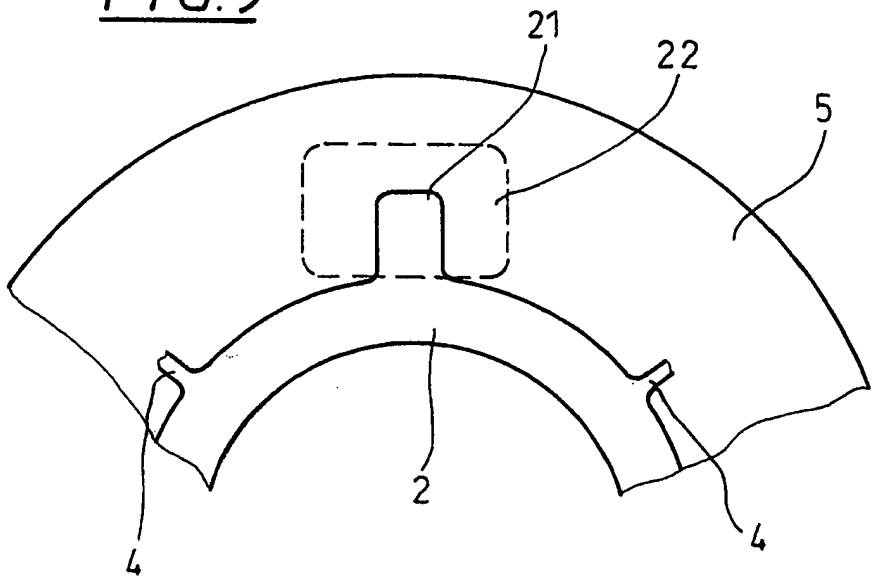


FIG.9



PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:
G02B 7/02, 26/06, G03F 7/20	**A3**	**WO 99/67683**
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Dezember 1999 (29.12.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04246

(22) Internationales Anmeldedatum: 18. Juni 1999 (18.06.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 27 603.6 20. Juni 1998 (20.06.98) DE

(71) Anmelder *(nur für AT BE CH CY DE DK ES FI FR GR IT KR LU MC NL PT SE)*: CARL ZEISS [DE/DE]; D–73446 Oberkochen (DE).

(71) Anmelder *(nur für GB IE JP)*: CARL ZEISS STIFTUNG trading as CARL ZEISS [DE/DE]; D–89518 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: GABER, Erwin [DE/DE]; Osterholzstrasse 85, D–89522 Heidenheim (DE). WAGNER, Christian [DE/DE]; Mährenstrasse 9, D–73431 Aalen (DE). HOLDERER, Hubert [DE/DE]; Gräfinstrasse 6, D–89551 Königsbronn (DE). GERHARD, Michael [DE/DE]; Bühlstrasse 4, D–73432 Aalen (DE). MERZ, Erich [DE/DE]; Baindtstrasse 1, D–73457 Essingen (DE). BECKER, Jochen [DE/DE]; Junoweg 10, D–73447 Oberkochen (DE). SCHEIBERLICH, Arie, Cornelis [NL/NL]; Provincialeweg 38, NL–5503 HG Veldhoven (NL).

(74) Anwälte: OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, D–70597 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

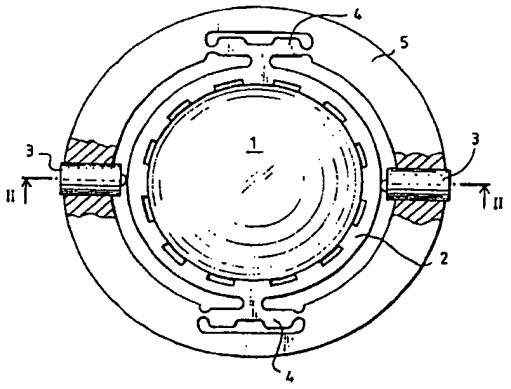
(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 20. April 2000 (20.04.00)

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, ESPECIALLY A PROJECTION LIGHT FACILITY FOR MICROLITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung: OPTISCHES SYSTEM, INSBESONDERE PROJEKTIONS–BELICHTUNGSANLAGE DER MIKROLITHOGRAPHIE

(57) Abstract

The invention relates to an optical system, especially a projection light facility for microlithography, especially with an image field shaped as a slit or with non rotational symmetry illumination, comprising an optical element (1), especially a lens or a mirror, which is arranged in a mount (2) and actuators (3) which engage with the optical element (1) at least nearly perpendicular to the optical axis. The actuators (3) effect non rotational symmetric forces and/or moments deviating from the radial lines in the optical element (1) to generate deformations with substantially no changes in thickness. Image errors arising as a result of asymmetric heating of the optical system are compensated for by deformation of the optical element.



(57) Zusammenfassung

Ein optisches System, insbesondere eine Projektions-Belichtungsanlage der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, weist ein optisches Element (1), insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung (2) angeordnet ist, und Aktuatoren (3) auf, die an dem optischen Element (1) wenigstens annäherend senkrecht zur optischen Achse angreifen. Die Aktuatoren (3) bewirken nicht rotationssymmetrische und von der Radialen abweichende Kräfte und/oder Momente an dem optischen Element (1) zur Erzeugung von im wesentlichen ohne Dickenänderungen sich ergebende Verbiegungen. Bildfehler, die durch die asymetrische Erwärmung der Optik entstehen, werden durch die verbiegung des optischen Elements kompensiert.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP 99/04246

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 : G02B7/02 G02B26/06 G03F7/20
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 : G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 993 823 A (SCHAFFER JR WILLIAM E et al) 19 February 1991 (19.02.91) abstract column 3, line 62 – last line ; figure 2A	1, 3-5
X	WO 96 13741 A (ULTRATECH STEPPER INC) 09 May 1996 (09.05.96) page 12, line 10 – page 13, line 33 ; figures 4, 5 page 15, line 24 – page 17, line 8 ; figures 9, 10	1, 2, 4
X	DE 34 04 063 A (CANON KK) 09 August 1984 (09.08.84) page 5, paragraph 1 page 19, line 23 – page 20, line 26 ; figure 13	1

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 October 1999 (18.10.99)	21 February 2000 (21.02.00)
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP 99/04246

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 226 507 A (FUSCHETTO ANTHONY N) 07 October 1980 (07.10.80) the whole document	1-6
X	US 4 492 431 A (EITEL FREDERICK G et al) 08 January 1985 (08.01.85)	1
A	abstract; figure 1	11
A	EP 0 678 768 A (CANON KK) 25 October 1995 (25.10.95) cited in the application figures 1, 2 column 12, line 13 - line 20 column 13, line 54 - column 14, line 10; figure 11 claims 1, 7	1
A	US 4 155 631 A (BORSARE EDWARD C et al) 22 May 1979 (22.05.79) claim 1; figures 3A, B	1-4, 10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 199, no. 806, 30 April 1998 (30.04.98) & JP 10 039208 A (NIKON CORP), 13 February 1998 (13.02.98) abstract	1
P, A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 199, no. 905, 31 May 1999 (31.05.99) & JP 11 044834 A (CANON INC), 16 February 1999 (16.02.99) abstract	1, 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 99/04246

Patent document cited in search report	Publication date	Patent familiy member(s)	Publication date
US 4993823 A	19-02-1991	NONE	
WO 9613741 A	09-05-1996	US 5557469 A	17-09-1996
		EP 0788612 A	13-08-1997
		JP 10509561 T	14-09-1998
DE 3404063 A	09-08-1984	JP 1807810 C	10-12-1993
		JP 5009934 B	08-02-1993
		JP 59144127 A	18-08-1984
		GB 2138163 A,B	17-10-1984
US 4226507 A	07-10-1980	NONE	
US 4492431 A	08-01-1985	NONE	
EP 0678768 A	25-10-1995	JP 8008178 A	12-01-1996
		US 5805273 A	08-09-1998
US 4155631 A	22-05-1979	NONE	
JP 10039208 A	13-02-1998	NONE	
JP 11044834 A	16-02-1999	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04246

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G02B7/02 G02B26/06 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G02B G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 993 823 A (SCHAFFER JR WILLIAM E ET AL) 19. Februar 1991 (1991-02-19) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 62 - letzte Zeile; Abbildung 2A ---	1,3-5
X	WO 96 13741 A (ULTRATECH STEPPER INC) 9. Mai 1996 (1996-05-09) Seite 12, Zeile 10 -Seite 13, Zeile 33; Abbildungen 4,5 Seite 15, Zeile 24 -Seite 17, Zeile 8; Abbildungen 9,10 ---	1,2,4
X	DE 34 04 063 A (CANON KK) 9. August 1984 (1984-08-09) Seite 5, Absatz 1 Seite 19, Zeile 23 -Seite 20, Zeile 26; Abbildung 13 ---	1
	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. Oktober 1999	21. 02. 00

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Ciarrocca, M

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04246

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 226 507 A (FUSCHETTO ANTHONY N) 7. Oktober 1980 (1980-10-07) das ganze Dokument	1-6
X	US 4 492 431 A (EITEL FREDERICK G ET AL) 8. Januar 1985 (1985-01-08)	1
A	Zusammenfassung; Abbildung 1	11
A	EP 0 678 768 A (CANON KK) 25. Oktober 1995 (1995-10-25) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 1,2 Spalte 12, Zeile 13 - Zeile 20 Spalte 13, Zeile 54 -Spalte 14, Zeile 10; Abbildung 11 Ansprüche 1,7	1
A	US 4 155 631 A (BORSARE EDWARD C ET AL) 22. Mai 1979 (1979-05-22) Anspruch 1; Abbildungen 3A,B	1-4,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 199, no. 806, 30. April 1998 (1998-04-30) & JP 10 039208 A (NIKON CORP), 13. Februar 1998 (1998-02-13) Zusammenfassung	1
P,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 199, no. 905, 31. Mai 1999 (1999-05-31) & JP 11 044834 A (CANON INC), 16. Februar 1999 (1999-02-16) Zusammenfassung	1,11

3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04246

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4993823	A	19-02-1991	KEINE		
WO 9613741	A	09-05-1996	US	5557469 A	17-09-1996
			EP	0788612 A	13-08-1997
			JP	10509561 T	14-09-1998
DE 3404063	A	09-08-1984	JP	1807810 C	10-12-1993
			JP	5009934 B	08-02-1993
			JP	59144127 A	18-08-1984
			GB	2138163 A,B	17-10-1984
US 4226507	A	07-10-1980	KEINE		
US 4492431	A	08-01-1985	KEINE		
EP 0678768	A	25-10-1995	JP	8008178 A	12-01-1996
			US	5805273 A	08-09-1998
US 4155631	A	22-05-1979	KEINE		
JP 10039208	A	13-02-1998	KEINE		
JP 11044834	A	16-02-1999	KEINE		